

лесоматериалов мини трактором может обеспечиваться в заданном направлении с 90% вероятностью при густоте до 700 дер/га. При этом до 15% деревьев может быть повреждены в той или иной степени.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ

Сазонова Е.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) saz-elena@yandex.ru

THE ANALYSE TECHNOLOGICAL PROCESSES ON BASIS THEORI OF GRAF

Технологический процесс представляет собой упорядоченный набор операций. Каждую операцию выполняет определенный тип оборудования или система машин, где предмет труда как промежуточный продукт поступает к следующему механизму для дальнейшей обработки или выпускается как конечный продукт. Технологический процесс организуется на базе сложной системы машин, состоящей из ряда взаимодействующих подсистем и элементов.

Рассмотрим анализ технологических процессов производства круглых лесоматериалов на примере лесосечных работ. Наиболее точно этот анализ можно осуществить построением математической модели при помощи теории графов, которая предусматривает процесс формирования технологических процессов с применением необходимых операций и последовательности их выполнения.

Основная цель анализа графов по предмету труда технологических процессов лесосечных работ состоит в определении технологических топливных чисел по каждой системе лесосечных машин. Этим достигается возможность обоснованного выбора лесосечных машин и механизмов по минимальному технологическому топливному числу.

Технологическое топливное число (ТТЧ) – затраты всех видов энергии в технологическом процессе, пересчитанных на необходимое для их получения условное топливо за вычетом вторичных энергоресурсов на единицу продукции. Технологическое топливное число отражает объективные энергетические затраты технологического процесса, является показателем энергоемкости продукции лесосечных работ [1].

Разработаны графы лесосечных работ по предмету труда, которые дают возможность представить технологические процессы как логическую последовательность технологических операций лесосечных работ.

Анализ разработанных графов позволяет: уточнить схему существующего процесса лесосечных работ; построить схему связей между технологическими операциями; выявить необходимые этапы лесосечных работ; исключить нецелесообразное дублирование операций; определить технологические возможности систем машин; выявить и оценить структуру и потоки лесоматериалов; вскрыть взаимосвязи между элементами системы.

Представим операции технологического процесса лесосечных работ в виде сетевой модели (графа), состоящей из вершин и дуг, соединяющих соответствующие

вершины графа. При этом вершины графа будут отображать операции, а дуги графа отображают связи между соответствующими операциями. Модель рассмотрена как «дуга-работа»

Следует обратить внимание на важнейшие свойства сетевых графиков:

1. Ни одно событие не может произойти до тех пор, пока не будут закончены все входящие в него работы.
2. Ни одна работа, выходящая из данного события, не может начинаться до тех пор, пока не произойдет данное событие.
3. Ни одна последующая операция не может начинаться раньше, чем будут закончены последующие работы [2].

Граф технологического процесса лесосечных работ для деревьев представлен на рис. 1.

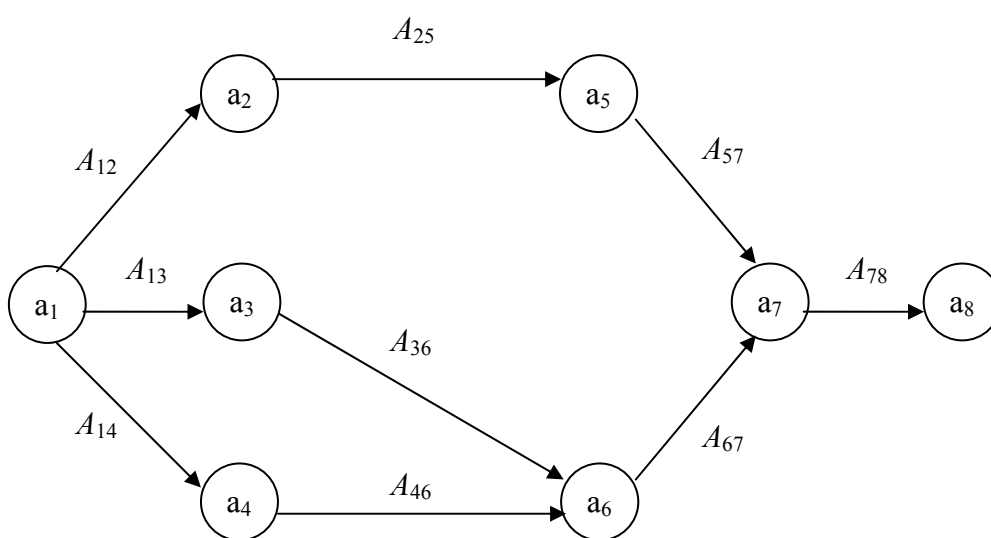


Рис. 1. Граф технологического процесса лесосечных работ для деревьев

Таблица 1 – Перечень событий

Обозначение событий	Наименование событий
a ₁	Окончание прибытия вальщика или машины и начало валки деревьев
a ₂ ; a ₃ ; a ₄	Окончание валки деревьев и начало трелевки деревьев
a ₅ ; a ₆	Окончание трелевки деревьев и начало погрузки деревьев
a ₇	Окончание погрузки деревьев и начало вывозки деревьев
a ₈	Окончание вывозки деревьев

Таблица 2 – Перечень основных работ

Обозначение работ	Наименование работ	ТТЧ, кг у.т./м ³	Предшеств. работы	Послед. работы
A ₁₂	Валка деревьев «Крона 202»	0,3	-	A ₂₅
A ₁₃	Валка деревьев «Хюсварна 242ХР»	0,4	-	A ₃₆
A ₁₄	Валка деревьев ЛП-19	1,1	-	A ₄₆
A ₂₅	Трелевка деревьев ТДТ-55А	4,7	A ₁₂	A ₅₇
A ₃₆	Трелевка деревьев ТБ-1М	4,7	A ₁₃	A ₆₇
A ₄₆	Трелевка деревьев ТБ-1М	4,7	A ₁₄	A ₆₇
A ₅₇	Погрузка деревьев ПЛ-1В	0,7	A ₂₅	A ₇₈
A ₆₇	Погрузка деревьев ПЛ-1В	0,7	A ₃₆ A ₄₆	A ₇₈
A ₇₈	Вывозка деревьев МА3-54-53	2,0	A ₅₇ A ₆₇	-

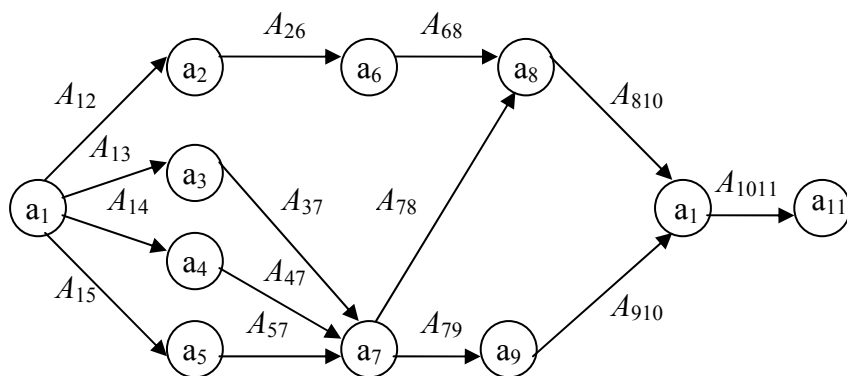


Рис. 2. Граф технологического процесса лесосечных работ

Граф технологического процесса лесосечных работ для хлыстов представлен на рис. 2.

Таблица 3 – Перечень событий

Обозначение событий	Наименование событий
a ₁	Окончание прибытия вальщика или машины и начало валки деревьев
a ₂ ; a ₃ ; a ₄ ; a ₅	Окончание валки деревьев и начало обрезки сучьев
a ₆ ; a ₇	Окончание обрезки сучьев и начало трелевки хлыстов
a ₈ ; a ₉	Окончание трелевки хлыстов и начало погрузки хлыстов
a ₁₀	Окончание погрузки хлыстов и начало вывозки хлыстов
a ₁₁	Окончание вывозки хлыстов

Таблица 4 – Перечень основных работ

Обозначение работ	Наименование работ	ТТЧ, кг у.т./м ³	Предшеств. работы	Послед. работы
A ₁₂	Валка деревьев «Штиль 020»	0,8	-	A ₂₆
A ₁₃	Валка деревьев ЛП-19В	1,1	-	A ₃₇
A ₁₄	Валка деревьев ЛП-2	2,3	-	A ₄₇
A ₁₅	Валка деревьев «Крона 202»	0,3	-	A ₅₇
A ₂₆	Обрезка сучьев «Штиль 020»	0,8	A ₁₂	A ₆₈
A ₃₇	Обрезка сучьев «Крона 202»	0,8	A ₁₃	A ₇₉
A ₄₇	Обрезка сучьев «Крона 202»	0,8	A ₁₄	A ₇₉
A ₅₇	Обрезка сучьев «Крона 202»	0,8	A ₁₅	A ₇₉
A ₆₈	Трелевка деревьев ТДТ-55А	4,7	A ₂₆	A ₈₁₀
A ₇₈	Трелевка деревьев ТДТ-55А	4,7	A ₃₇ ; A ₄₇ ; A ₅₇	A ₈₁₀
A ₇₉	Трелевка деревьев ТБ-1М	4,7	A ₃₇ ; A ₄₇ ; A ₅₇	A ₉₁₀
A ₈₁₀	Погрузка деревьев ПЛ-1В	0,7	A ₆₈ ; A ₇₈	A ₁₀₁₁
A ₉₁₀	Погрузка деревьев ПЛ-1В	0,7		
A ₁₀₁₁	Вывозка хлыстов МА3-54-53	2,0	A ₈₁₀ ; A ₉₁₀	

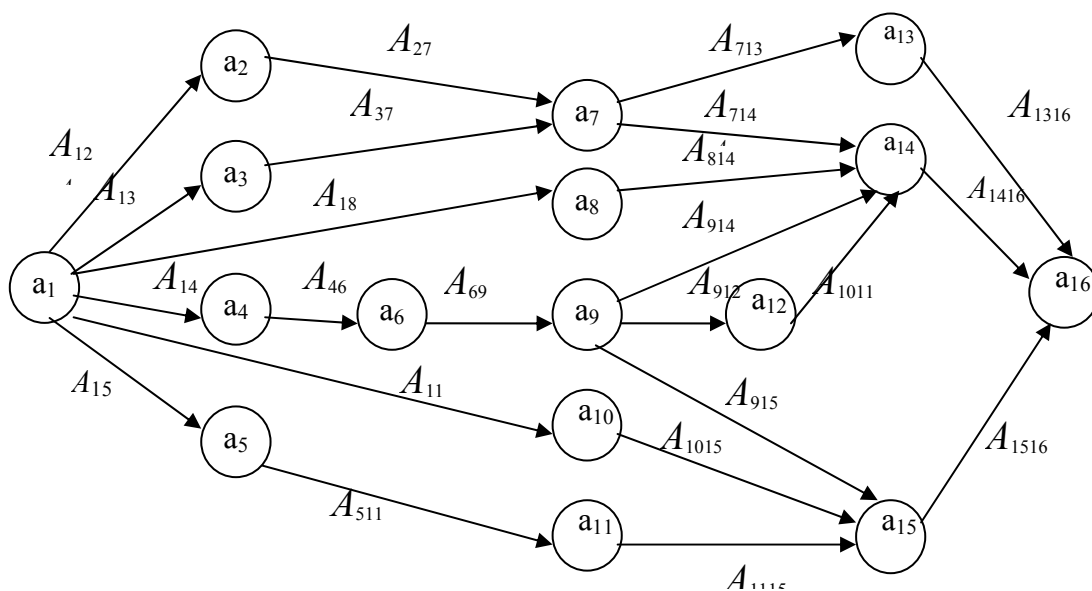


Рис. 3. Граф технологического процесса лесосечных работ для сортиментов

Граф технологического процесса лесосечных работ для сортиментов представлен на рис. 3.

Таблица 5 – Перечень событий

Обозначение событий	Наименование событий
a ₁ a ₂ ; a ₃ ; a ₅ a ₄ a ₆ a ₇ ; a ₈ ; a ₉ ; a ₁₀ ; a ₁₁ a ₉ a ₁₂ a ₁₃ ; a ₁₄ ; a ₁₅ a ₁₆	<p>Окончание прибытия вальщика или машины и начало валки деревьев</p> <p>Окончание валки деревьев и начало обрезки сучьев и раскряжевки хлыстов</p> <p>Окончание валки деревьев и начало обрезки сучьев</p> <p>Окончание обрезки сучьев и начало раскряжевки хлыстов</p> <p>Окончание раскряжевки хлыстов и начало погрузки сортиментов</p> <p>Окончание раскряжевки хлыстов и начало трелевки сортиментов</p> <p>Окончание трелевки сортиментов и начало погрузки сортиментов</p> <p>Окончание погрузки сортиментов и начало вывозки сортиментов</p> <p>Окончание вывозки сортиментов</p>

Таблица 6 – Перечень основных работ

Обозначение работ	Наименование работ	ТТЧ, кг у.т./м ³	Предшеств. работы	Послед. работы
A ₁₂	Валка деревьев «Хюскварна 242ХР»	0,4	-	A ₂₇
A ₁₃	Валка деревьев ЛП-17	4,8	-	A ₃₇
A ₁₈	Валка, обрезка, раскряжевка МЛ-20	4,5	-	A ₈₁₄
A ₁₄	Валка деревьев «Крона 202»	0,3	-	A ₄₆
A ₁₁₀	Валка, обрезка, раскряжевка «Валмет 901»	0,3	-	A ₁₀₁₅
A ₁₅	Валка деревьев ЛП-19В	1,2	-	A ₅₁₁
A ₂₇	Обрезка, раскряжевка ЛО-120	2,7	A ₁₂	A ₇₁₃ A ₇₁₄
A ₃₇	Обрезка, раскряжевка ЛО-120	2,0	A ₁₃	A ₇₁₃ A ₇₁₄
A ₄₆	Обрезка «Крона 202»	0,5	A ₁₄	A ₆₉
A ₆₉	Раскряжевка «Крона 202»	0,6	A ₄₆	A ₉₁₄ A ₉₁₂ A ₉₁₅
A ₅₁₁	Обрезка, раскряжевка ЛО-123	6,5	A ₁₅	A ₁₁₁₅
A ₇₁₃	Трелевка деревьев ТБ-1М	4,7	A ₂₇ A ₃₇	A ₁₃₁₆
A ₇₁₄	Погрузка, вывозка ТБ-1М-16	1,1	A ₂₇ A ₃₇	A ₁₄₁₆
A ₈₁₄	Погрузка, вывозка ТБ-1М-16	1,1	A ₁₈	A ₁₄₁₆
A ₉₁₄	Погрузка, вывозка ТБ-1М-16	1,1	A ₆₉	A ₁₄₁₆

Окончание табл. 6				
A ₉₁₂	Трелевка ТДТ-55А	4,7	A ₆₉	A ₁₂₁₄
A ₁₂₁₄	Погрузка, вывозка ТБ-1М-16	1,1	A ₉₁₂	A ₁₄₁₆
A ₉₁₅	Погрузка, вывозка «Валмет 820»	0,9	A ₆₉	A ₁₅₁₆
A ₁₀₁₅	Валка, обрезка, раскряжевка «Валмет 901»	0,3	A ₁₁₀	A ₁₅₁₆
A ₁₁₁₅	Погрузка, вывозка «Валмет 820»	0,9	A ₅₁₁	A ₁₅₁₆
A ₁₃₁₆	Вывозка хлыстов МА3-54-53	2,0	A ₇₁₃	-
A ₁₄₁₆	Вывозка хлыстов МА3-54-53	2,0	A ₇₁₄ A ₈₁₄ A ₉₁₄ A ₁₂₁₄	-
A ₁₅₁₆	Вывозка хлыстов МА3-54-53	2,0	A ₉₁₅ A ₁₀₁₅ A ₁₁₁₅	-

Разработанные графы обработаны по специальной программе для расчета сетевых графов SEPL, разработанной на кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета.

Получены критические пути для деревьев: $a_1 - a_4 - a_6 - a_7 - a_8$; для хлыстов: $a_1 - a_4 - a_7 - a_8 - a_{10} - a_{11}$, $a_1 - a_4 - a_7 - a_9 - a_{10} - a_{11}$; для сортиментов: $a_1 - a_3 - a_7 - a_{13} - a_{14}$. Критические пути выявляют системы машин с максимальным технологическим топливным числом, а также показывают резервы экономии, что позволяет экономить энергетические ресурсы и, соответственно, повышать эффективность технологических процессов лесосечных работ. Соответственно представленному анализу технологических топливных чисел технологических процессов лесосечных работ выстраивается ряд лесосечных машин и механизмов от более эффективных к менее эффективным.

Данный ряд представляется следующим образом: 1) лесные комбайны или моторные инструменты; 2) лесозаготовительные машины или моторный инструмент; 3) однооперационные лесозаготовительные машины.

Представление лесосечных работ в виде графов по предмету труда позволяет систематизировать варианты развития, анализировать и прогнозировать многовариантное развитие технологического процесса лесосечных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Розин С.Е., Дружинина О.Г. Методология и информационное обеспечение сквозного энергетического анализа. Екатеринбург: УГТУ, 2001. – 98 с.
2. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Основы моделирования и оптимизация процессов деревообработки: Учебник для ВУЗов. М.: Лесн. пром-ть, 1988. – 296 с.

ОБЪЕМ СБЕГОВОЙ ЗОНЫ БРЕВЕН

Уласовец В. Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) mod@usfea.ru

VOLUME OF A SIDE ZONE OF LOGS

В соответствии с данными лесной таксации при большом разнообразии образующих поверхности стволов деревьев основной объем пиловочных бревен имеет форму, близкую к усеченному параболоиду или усеченному конусу [1, 2]. При этом общий объем любого бревна V , можно выразить формулой

$$V = V_u + V_{cb}, \quad (1)$$

где V_u - объем цилиндрической части бревна, который принято называть цилиндрической кубатурой бревна, равный

$$V_u = \frac{\pi}{4} d^2 L, \quad (2)$$

где d - диаметр бревна в вершине;

L - длина бревна.

V_{cb} - объем сбеговой зоны бревна.

При форме ствола приравненной к усеченному параболоиду вращения объем бревна вычисляют по формуле

$$V_{yc.n} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D^2 + d^2}{2} \right) L, \quad (3)$$

где D - диаметр бревна в комле;

При форме ствола приравненной к усеченному конусу объем бревна вычисляют по формуле

$$V_{yc.k} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D^2 + Dd + d^2}{3} \right) L. \quad (4)$$

С учетом того, что $D = dK$ формулы (3 и 4) будут выглядеть следующим образом:

$$V_{yc.n} = \frac{\pi d^2}{4} L \left(\frac{K^2 + 1}{2} \right), \quad (5)$$

$$V_{yc.k} = \frac{\pi d^2}{4} L \left(\frac{K^2 + K + 1}{3} \right). \quad (6)$$

Из выражений 5 и 6 видно, что исследуемый объем зависит от величины вершинного диаметра бревна, его длины и коэффициента сбega K .

С увеличением коэффициента сбega происходит увеличение объема бревна за счет увеличения сбеговой зоны V_{cb} , величину которой можно рассчитать по следующей формуле:

- для усеченного параболоида

$$V_{cb,yc.n} = \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{K^2 - 1}{2} \right) L, \quad (7)$$

при этом объем зоны сбega от объема всего бревна составит, %,

$$V_{сб.ус.н(\%)} = \frac{K^2 - 1}{K^2 + 1} 100; \quad (8)$$

а объем цилиндрической кубатуры от объема всего бревна составит, %

$$V_{ц.ус.н(\%)} = \frac{200}{K^2 + 1}. \quad (9)$$

- для усеченного конуса величину сбеговой зоны $V_{сб}$ можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_{сб.ус.к} = \frac{\pi d^2}{4} L \left(\frac{K^2 + K - 2}{3} \right), \quad (10)$$

при этом объем зоны сбega от объема всего бревна составит, %,

$$V_{сб.ус.к(\%)} = \frac{K^2 + K - 2}{K^2 + K + 1} 100, \quad (11)$$

а объем цилиндрической кубатуры от объема всего бревна составит, %

$$V_{ц.ус.к(\%)} = \frac{300}{K^2 + K + 1}. \quad (12)$$

На графике (рисунке 1), построенном по формулам (8) и (11), показано изменение (в %) объема сбеговой зоны в объеме бревна в зависимости от формы образующей бревна и его коэффициента сбega.

Из графика (рис. 1) видно, что для всех значений коэффициентов сбega объем сбеговой зоны в бревнах, форма которых приравнена к усеченному параболоиду, больше, чем у имеющих форму усеченного конуса, причем с увеличением коэффициента сбega от $K = 1,05$ до $K = 1,7$ объем сбеговой зоны бревен, приравненных к усеченному параболоиду, изменяется от 4,87% до 48,6%, а в бревнах, приравненных к усеченному конусу, – от 4,84% до 46,3%.

Из приведенных выше данных (рисунок 1) видно, что объем сбеговой зоны бревен с любой боковой образующей значителен, поэтому разработка теоретических решений по ее рациональному раскрою представляется важнейшей технической и экономической задачей лесопиления.

Относительные изменения объемов сбеговых зон и объемов бревен в зависимости от их формы и величины коэффициентов сбega представлены на графике (рисунок 2). На верхней кривой графика (рисунок 2) показана величина отношения (в %) разности объемов сбеговых зон бревен, имеющих форму усеченного параболоида и усеченного конуса, к объему сбеговой зоны бревна, имеющего вид усеченного параболоида.

При изменении коэффициентов сбega от $K = 1,05$ до $K = 1,7$ относительная разность объемов сбеговых зон бревен изменяется соответственно от 0,8 до 8,6%. Нижняя кривая на этом графике изображает величину отношения (в %) разности объемов бревен формы усеченный параболоид и усеченный конус к объему бревна формы усеченный параболоид.

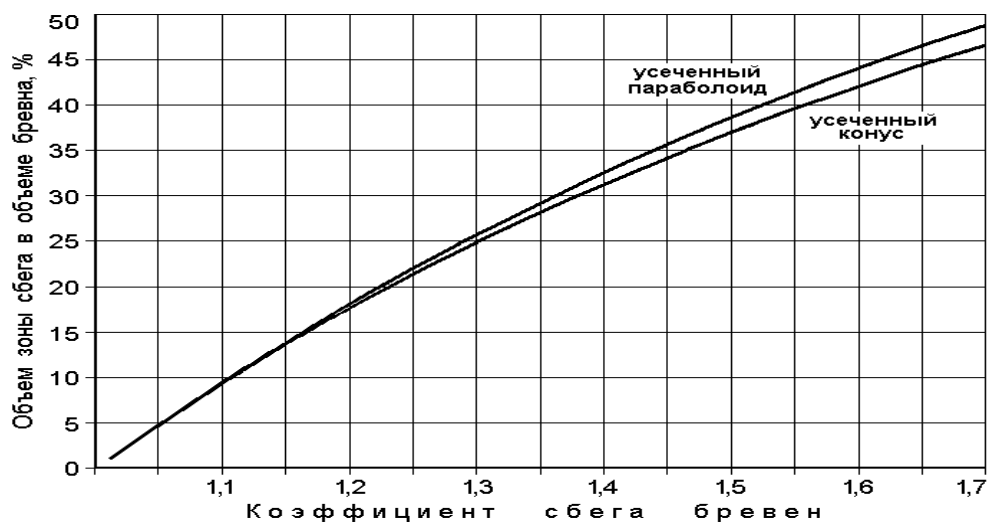


Рисунок 1– Изменение объема сбеговой зоны бревна

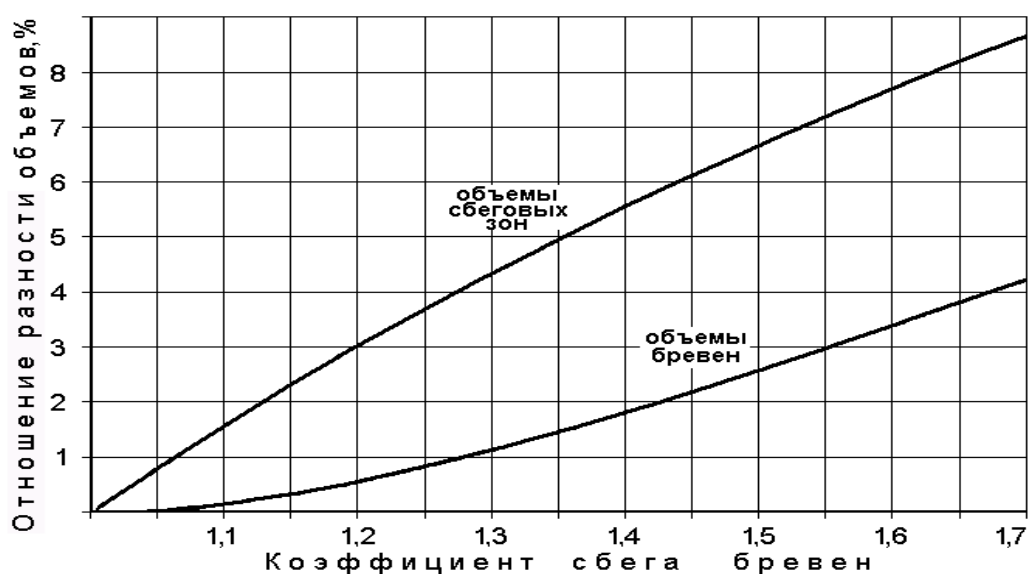


Рисунок 2 – Изменение объемов сбеговых зон и объемов бревен в зависимости от их формы и величины коэффициентов сбега

При изменении коэффициентов сбега от $K = 1,05$ до $K = 1,7$ исследуемая относительная разность объемов бревен увеличивается соответственно от 0,04 до 4,2%.

Отмеченные выше закономерности изменения объемов бревен и их сбеговых зон, связаны с различной формой образующих, которую необходимо учитывать при теоретических исследованиях, связанных с поиском рациональных схем и способов раскря пиловочника на пилопродукцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анучин Н.П. Лесная таксация /Н.П. Анучин. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 530 с.
2. Аксенов П.П. Теоретические основы раскря пиловочного сырья / П.П. Аксенов - М.: - Л.: Гослесбумиздат, 1960. - 216 с.